

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

REYSON VIGLIASSI DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA NA FERTIRRIGAÇÃO NO
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

BAURU
2012

REYSON VIGLIASSI DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA NA FERTIRRIGAÇÃO NO
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências
Exatas e Sociais Aplicadas como parte
dos requisitos para obtenção do título de
bacharel em Química sob orientação da
Profª Drª Ana Paula Cerino Coutinho.

Bauru
2012

Santos, Reyson Vigliassi

S2377u

Utilização da vinhaça na fertirrigação no cultivo de cana-de-açúcar / Reyson Vigliassi dos Santos -- 2012.

30f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP

1. Vinhaça. 2. Cana-de-açúcar. 3. Solo. 4. Fertirrigação. I. Coutinho, Ana Paula Cerino. II. Título.

REYSON VIGLIASSI DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA NA FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA
CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química sob orientação da Profª Drª Ana Paula Cerino Coutinho

Banca examinadora:

Prof Me Dorival Roberto Rodrigues
Universidade do Sagrado Coração

Profª Me Setsuko Sato
Universidade do Sagrado Coração

Profª Drª Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 04 de Dezembro de 2012

Dedico este trabalho aos meus pais,
Deise e Reinaldo, motivo de orgulho e
exemplos em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por guiar meu caminho, por me dar saúde para que eu pudesse seguir meus objetivos.

Agradeço meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me dando força, me motivando e fazendo eu sempre olhar pra frente com uma excelente perspectiva das coisas.

Agradeço minha orientadora Prof^a Dr^a Ana Paula Cerino Coutinho pela calma e dedicação na elaboração deste trabalho.

Agradeço meus amigos de curso, principalmente Jeisson, Elton, Andria e Jéssika pela amizade, companheirismo e por se disponibilizarem em me ajudar em qualquer dificuldade que eu tivesse.

“Para mim, é impossível existir sem sonho. A vida na sua totalidade me ensinou, como grande lição, que é impossível assumi-la sem risco”
(Paulo Freire)

RESUMO

No Brasil, o cultivo de cana-de-açúcar possui grande destaque devido a sua alta produtividade, tendo ótima visibilidade mundial. Em paralelo com o desenvolvimento da cana, o etanol fabricado por essa matéria-prima, ao longo dos anos tem chamado à atenção pela sua crescente evolução. Com o aumento da produção de etanol, a vinhaça resíduo proveniente deste processo também aumentou, tornando-se um problema. Esse trabalho tem como objetivo discutir as informações que mostram a utilização da vinhaça em solos cultivados com o plantio de cana-de-açúcar, por meio de fertirrigação, bem como avaliar seus efeitos benéficos ou adversos ao solo. A vinhaça atua no solo com a função de aumentar a população e a atividade microbiana, aumentar o pH, aumentar a capacidade de troca catiônica e aumentar a retenção de água no solo. Com a adição do restilo no solo, as qualidades fisiológicas da cana-de-açúcar ganham um destaque devido à presença do potássio na composição da vinhaça, notando-se um aumento no teor de umidade dos colmos, tornando a cana mais succulenta, entre outras vantagens. Para a correta fertirrigação do solo com vinhaça é necessário ser feito cálculos para cada tipo de solo, tendo assim a quantidade correta a ser depositada, evitando indesejados efeitos na lavoura, como lixiviação de nutrientes para águas subterrâneas.

Palavras-chave: Vinhaça. Cana-de-açúcar. Solo. Fertirrigação.

ABSTRACT

In Brazil, the cultivation of sugar cane has great prominence due to its high productivity, with great visibility worldwide. In parallel with the development of sugarcane, ethanol produced by this raw material, over the years have called attention to its growing evolution. With increased ethanol production, the stillage residue from this process also increased, becoming a problem. This paper aims to discuss the information that shows the use of vinasse in soils by planting sugar cane, through fertigation, as well as evaluating its beneficial effects or adverse to the ground. The stillage acts on the ground with the function of increasing population and microbial activity, increase the pH, increasing the cation exchange capacity and increase water retention in the soil. With the addition of restilo soil, the physiological qualities of cane sugar make a highlight due to the presence of potassium in the composition of vinasse, noting an increase in the moisture content of the stems, making cane juicier, among other advantages. For correct fertigation soil stillage needs to be done calculations for each soil type, thus having the correct amount to be deposited, avoiding unwanted effects on crops such as nutrient leaching to groundwater.

Keywords: Vinasse. Sugar. Soil. Fertigation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA EM SOLOS.....	11
2.2	FERTIRRIGAÇÃO	14
2.3	VINHAÇA	15
2.4	PLANTIO DA CANA DE AÇÚCAR	17
2.5	CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	20
2.6	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	22
3	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, segundo dados do ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR (2005 apud CAMILOTTI, 2006). Na safra 05/06, o Brasil plantou 5,9 milhões hectares de cana, 440 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que representa uma produtividade de 74 toneladas por hectare. Deste total, é produzido 17 milhões de metros cúbicos de álcool, o que representa uma geração média de 220 milhões metros cúbicos de vinhaça por ano, portanto, a cada 1 litro de álcool se gera de 10 a 16 litros de vinhaça. (CAMILOTTI, 2006)

Para minimizar os problemas ambientais decorrentes do descarte indevido da vinhaça, optou-se por distribuí-la no solo por meio de fertirrigação.

A fertirrigação pode ser feita das seguintes maneiras, por inundação, processo que praticamente não se utiliza mais, por ser de grande risco de contaminação e não permite controle de quantidade do resíduo, por sulcos de infiltração, método pouco utilizado por provocar muita demanda de mão de obra, além de dosagens excessivas e desuniformes, por aspersão com equipamentos semi-fixos, em que se utilizam motobombas com maior controle da quantidade de vinhaça fertirrigada no solo, por aspersão por canhão hidráulico, equipamento que possui um diâmetro maior de aplicação, permitindo um maior controle da quantidade aplicada e economia de mão de obra.

De todos os efluentes produzidos pelas destilarias de álcool, a vinhaça é a que mais polui, por apresentar DBO¹ variando de 20.000 a 35.000 mg/L, possuindo grande quantidade de matéria orgânica coloidal, e conseqüentemente utiliza quase todo o oxigênio da água para oxidação. (FREIRE; CORTEZ, 2000; ROSSETTO, 1987 apud TERMO, 2007).

De acordo com Freire e Cortez (2000), como fator icteológico², a vinhaça apresenta alta nocividade a animais aquáticos, como peixes sapos e crustáceos, afugentado a fauna marítima que procura as costas brasileiras para a desova.

O valor econômico que a vinhaça adquiriu à partir de 1975, torna essa hipótese de agente poluidor e conseqüentemente em desequilíbrio ambiental descartável, pois a vinhaça começou a ser reutilizada na indústria, tornando-a viável

¹ Demanda bioquímica de oxigênio

² Estudo dos peixes

economicamente. Então, esse resíduo poluente passou a ser usado como uma possível solução de fertirrigação de solos para plantio de cana-de-açúcar.

Conforme a resolução da CETESB (2005 apud LUZ, 2005), a grande parte da área cultivada com cana-de-açúcar pode receber a fertirrigação por vinhaça e a quantidade utilizada deverá ser calculada em relação a concentração de potássio no solo e na vinhaça e capacidade de troca de cátions.

O setor sucroalcooleiro é um dos setores que melhor reutilizam os efluentes gerados e, isso não é devido apenas ao aumento da consciência ambiental, mas, sobretudo porque os efluentes produzidos possuem grande quantidade de nutrientes e não há metais pesados em sua composição, nem sódio e alumínio. Na vinhaça é encontrada matéria orgânica sob forma de ácidos orgânicos, sendo que seus constituintes inorgânicos principais são formados por cátions como: K, Ca, Mg e Ca. (SILVA et al., 2005 apud ZOLIN et al., 2011; GEMTOS et al., 1999 apud SILVA et al., 2007).

Com a adição de vinhaça na lavoura, ocorrem mudanças nas propriedades químicas do solo, como aumento da disponibilidade de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica e elevação do pH (GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1983 apud SILVA, 2012). Portanto, a vinhaça é bastante utilizada como substituto parcial ou total de adubos minerais.

A grande vantagem da utilização da vinhaça é a substituição em grande parte dos nutrientes da adubação mineral, mostrando o aumento da viabilidade econômica e produtividade na utilização da vinhaça em lavouras com plantação de cana-de-açúcar devido à sua aplicação (AGUJARO, 1979 apud LEITE, 1999).

Miranda (2009 apud PREVITALI, 2011) afirma que analisando distintos tipos de resíduos para fertirrigação, foi na vinhaça que se encontrou maior porcentagem de fibras, maior peso dos colmos, maior quantidade de açúcar produzido por tonelada, maiores números de perfilhos³, maiores números de Brix e maior produção.

Este trabalho tem por objetivo discutir as informações que mostram a utilização da vinhaça em solos cultivados com o plantio de cana-de-açúcar, por meio de fertirrigação, bem como avaliar seus efeitos benéficos ou adversos ao solo.

³ Ramos laterais

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA EM SOLOS

O impacto do uso da vinhaça na agricultura é primariamente associado ao solo, e deve ser vista, como agente do aumento da população e atividade microbiana. Os solos que são cultivados com adição de vinhaça apresentam elevação de seu pH, entretanto, nos dez primeiros dias após sua aplicação, ocorre uma redução no pH para, posteriormente, aumentar consideravelmente, podendo chegar a valores superiores ao pH neutro. Estas alterações de pH ocorrem devido à ação dos micro-organismos (ROSSETTO, 1987 apud TERMO, 2007).

Cunha et al. (1981 apud SILVA, 2012) descrevem que devido às transformações bioquímicas, a relação do nitrogênio no solo com os resíduos orgânicos como a vinhaça, é complexa. O nitrogênio está presente na composição da vinhaça, na forma orgânica, e a mineralização é a primeira transformação biológica que ocorre no solo. Uma vez que a relação carbono e nitrogênio na vinhaça é pequena, uma importante mineralização das formas imobilizadas de nitrogênio no solo da lavoura pode acontecer.

A matéria orgânica pode ser considerada um fator crucial na produtividade agrícola devido à influência que exerce sobre as propriedades físicas, biológicas e químicas do solo (AZEREDO; MANHÃES, 1983 apud SILVA et al., 2007).

No momento em que a matéria orgânica contida na vinhaça é absorvida pelo solo, ela é metabolizada por fungos, os quais a transformam em húmus por hidrólise da celulose, neutralizando a acidez do meio e preparando, deste modo, o caminho para a proliferação bacteriana (FREIRE; CORTEZ, 2000).

Quando a vinhaça é utilizada como fertilizante, de forma sucessiva, favorece o desenvolvimento de micro-organismos que atuam na mineralização, imobilização do nitrogênio e na sua nitrificação, desnitrificação e fixação biológica, bem como em ciclos biogeoquímicos de outros elementos. Após 6 meses da aplicação da vinhaça ao solo, ocorre um aumento da atividade respiratória, como mostra a Figura 1. (LOPES et al., 1985 apud PREVITALI, 2011).

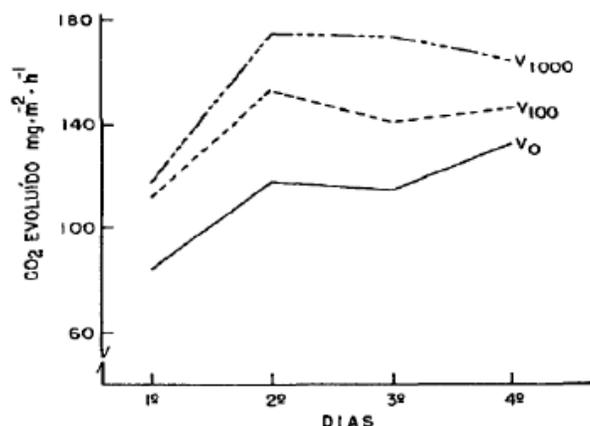


Figura 1- Evolução de CO₂ com diferentes doses de vinhaça aplicada 6 meses antes: 100 = 100 m³ha; 1000 m³ha.

Fonte: Lopes et al. (1985 apud PREVITALI, 2011)

O aumento da população de micro-organismos é considerado como índice de fertilidade do solo. Em uma análise, um solo de baixa fertilidade, com 1 a 3 milhões de micro-organismos por grama de solo, com adição de vinhaça, elevou a quantidade de micro-organismos para 355 milhões, e posteriormente se estabilizou em 25 milhões. Em um solo considerado de alta fertilidade, com 10 milhões a 20 milhões de micro-organismos por grama de solo, sua população aumentou para 2,3 bilhões de micro-organismo por grama de solo, estabilizando em 170 milhões. (TIBAU, 1973, apud FREIRE; CORTEZ, 2000)

Voll (2005 apud PREVITALI, 2011) analisaram a utilização de doses de vinhaça (0,50,100 e 150 m³) e avaliaram o controle químico e a aparição de plantas daninhas na lavoura de cana, após 91 dias, e chegaram a conclusão de que a vinhaça reduziu a população das plantas daninhas, *D. horizontalis*, *S. rhombifolia* e *E. sanchifolia*.

Segundo Neves et al. (1983 apud SILVA, 2012), a adição de vinhaça, juntamente com a incorporação de matéria orgânica, promove maior mobilização de nutrientes em função da maior solubilidade ocasionada pelo resíduo líquido, melhorando assim as condições físicas do solo.

As mudanças nas propriedades químicas do solo, elevação do pH, aumento da disponibilidade de nutrientes e aumento da capacidade de troca catiônica, proporcionam a melhoria da estrutura do solo, aumentando a retenção de água e melhorando a atividade biológica, promovendo maior número de pequenos animais

(minhocas, besouros), bactérias e fungos. A aplicação da vinhaça pode alterar a estabilidade de agregados, a dispersão de argila e a densidade do solo, a aglutinação de partículas do solo ocorre em função da mucilagem⁴ excretada pelos micro-organismos que metabolizam os açúcares de cadeia pequena. Assim grandes aplicações de altas taxas de resíduo, mais o tempo correto de absorção de nutrientes do solo, resultam no aumento da estabilidade de agregados do solo. (SILVA, 2006 apud ZOLIN et al., 2011; CAMILOTTI et al., 2006; 2009; BEBÉ et al., 2009 apud SILVA, 2012; GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1983 apud SILVA, 2012; CAMARGO et. al.,1983 apud FREIRE; CORTEZ ,2000)

Segundo Longo et al. (1996 apud FREIRE; CORTEZ 2000), os constituintes sólidos orgânicos da vinhaça se apresentam com características coloidais, o que lhes propiciam um importante papel na restauração da fertilidade do solo através da manutenção, recuperação e acréscimo da capacidade de troca catiônica do solo, conseqüentemente o aumento da troca catiônica provoca uma menor lixiviação de cátions devido a predominância de cargas negativas no solo.

Orlando Filho et. al., (1983 apud FREIRE; CORTEZ 2000) comprovaram os efeitos benéficos da vinhaça no plantio e relataram que a prolongada adição de diferentes quantidades de vinhaça em 4 diferentes tipos de solos latossólicos⁵, por período de 20 anos, não resultou em efeitos prejudiciais ao solo. A pesquisa verificou que com o acúmulo de sais, houve uma melhora nas propriedades químicas, resultando na redução da acidez, elevação de teores de potássio, cálcio e magnésio.

Os solos hidromórficos⁶ apresentam altos teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio. Então, é recomendado a adição de pequenas quantidades de vinhaça. Já os solos aluvionares⁷, que apresentam alt³a fertilidade, podem ser fertilizados utilizando a vinhaça, porém em menores quantidades. (GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1984, apud FREIRE; CORTEZ, 2000)

Entretanto, quando o solo for tratado com doses excessivas de vinhaça podem ocorrer eventuais efeitos maléficis aos solos ou às plantas. (FERREIRA; MONTEIRO,1987; GLÓRIA; ORLANDO FILHO 1983 apud SILVA, 2012).

⁴ Secreção rica em polissacarídeos.

⁵ Solos constituídos por material mineral.

⁶ Solos desenvolvidos em excesso de água.

⁷ Solos ricos em matéria orgânica.

Estudos desenvolvidos por Camargo et al. (1983 apud CAMILOTTI, 2006) e Andrioli (1986 apud CAMILOTTI et al., 2006) mostraram que não há alteração na densidade, na porosidade total, na microporosidade e nem na macroporosidade do solo com adição de vinhaça por não ocorrer elevação da matéria orgânica. Entretanto, este fato foi contestado por Canellas et al. (2003 apud CAMILOTTI et al., 2006), que constataram o aumento do teor de matéria orgânica e, com isto, melhora das condições físicas do solo em relação à aplicações de vinhaça com o passar dos anos.

Quando se analisa a razão de adsorção de potássio $K/(Ca^+Mg)^{1/2}$ com a produtividade da cana-de-açúcar, verifica-se uma associação sistemática entre a razão e a produtividade, ou seja, com a elevação da razão de adsorção de potássio no solo. (ROSSETTO et al., 2004 apud ZOLIN et al., 2011).

2.2 FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação é o processo conjunto de irrigação e adubação, utilizando a água da irrigação para distribuir o adubo químico na lavoura, podendo ser feita por qualquer sistema de irrigação. O adubo pode ser sólido ou líquido, devendo ser diluído ou dissolvido. (VIEIRA, 1986 apud LUZ, 2005).

O processo de fertirrigação pode acontecer por meio de inundação, por sulcos de infiltração, por aspersão com equipamentos semi-fixos e por aspersão por canhão hidráulico.

- O processo de inundação é pouco utilizado por ser classificado como sendo de risco à contaminação pela CETESB, além de ser um método arcaico e sem controle de volume aplicado (PEIXOTO, 2006 apud PREVITALI, 2011). Sua distribuição geralmente ocorre por gravidade. Na aplicação deve-se ter cuidado na distribuição da vinhaça para que não ocorra acúmulo do resíduo, conseqüentemente para que não haja contaminação do lençol freático.
- Em relação ao processo por sulcos de infiltração, Matioli e Menezes (1984 apud LUZ, 2005), afirmam que o sistema, provoca muita demanda de mão de obra, além de dosagens excessivas e desuniformes, acarretando prejuízos ao solo e a cultura.
- Processo por aspersão com equipamentos semi-fixos, onde a vinhaça é diluída e com o auxílio de motobombas, alimentam tubulações principais e

laterais, acoplado aos dispersores, e fertilização por aspersão com canhão hidráulico utilizando motobomba, acoplado em um aspersor setorial supercanhão, que se movimentam em pequenos carregadores ao lado dos canais alimentadores (ORLANDO FILHO et. al, 1980; ORLANDO FILHO, 1981; ORLANDO FILHO et. al. 1983 apud FREIRE; CORTEZ, 2000). A vantagem deste processo de fertirrigação segundo (ORLANDO FILHO et al. 1983 apud FREIRE; CORTEZ, 2000), é que se tem o controle da quantidade de resíduo aplicado ao solo e homogeneidade da distribuição.

- Por aspersão com canhão hidráulico, Atinge uma diâmetro de aplicação de 140 metros, a vinhaça é succionada em canais com espaço entre 100 metros entre elas. Este sistema possuem vantagens de não ser preciso a sistematização do terreno, com a sulcação, pode ser utilizada em todo fase e ciclo da cultura, há um controle de quantidade utilizada no solo, possui baixo custo operacional, consequentemente havendo uma economia de mão de obra. Desvantagens desse método, quando chove ocorre uma desuniformidade da fertirrigação por causa do vento e mão de obra adequada. (LEME et al., 1979 apud LUZ, 2005).

2.3 VINHAÇA

Vieira (1986 apud FREIRE; CORTEZ, 2000), relata que no ano de 1918 foram feitas as primeiras experiências sobre a aplicação da vinhaça na lavoura canavieira, com resultado não muito satisfatório. A aplicação constante da vinhaça começou somente em 1943. Em meados da década de 50, a fertirrigação por vinhaça ainda encontrava dificuldades, por não ter resultados experimentais suficientes para garantir seguramente a prática em lavouras.

A tecnologia de uso da vinhaça na lavoura de cana, como fertilizante, foi desenvolvida toda no Brasil pela alta produção de vinhoto. A vinhaça além da propriedade de fertilização, também apresenta a característica de ser um poluidor, expresso em DQO (demanda química de oxigênio), que pode alcançar 100 g/L. A vinhaça possui baixo pH (em torno de 4,5), alta temperatura (90°C), grande quantidade de sais minerais, com ênfase para o potássio (em torno de 5,0 g/L) (WILKIE et al., 2000).

A composição química da vinhaça de cana-de-açúcar é alterável, variando de acordo com sua safra e difere principalmente do tipo de mosto, entre eles o de melaço, misto e de caldo, indicando que o valor do teor da fertilização com a vinhaça não seja fixa. (RODELLA; FERRARI, 1977, apud FREIRE;CORTEZ, 2000).

Na Figura 2 serão analisado os valores de vinhaça de mosto, feita a partir do melaço, misto e caldo em relação aos minerais presentes na vinhaça.

Figura 2 – Composição química média da vinhaça

Elemento	Vinhaça de Mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N (kg/m ³)	0,77	0,46	0,28
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	0,19	0,24	0,20
K ₂ O (kg/m ³)	6,00	3,06	1,47
CaO (kg/m ³)	2,45	1,18	0,46
MgO (kg/m ³)	1,04	0,53	0,29
SO ₄ (kg/m ³)	3,73	2,67	1,32
Mat. Orgânica (kg/m ³)	52,04	32,63	23,44
Fé (ppm)	80,00	78,00	69,00
Cu (ppm)	5,00	21,00	7,00
Zn (ppm)	3,00	19,00	2,00
Mn (ppm)	8,00	6,00	7,00
pH	4,40	4,10	3,70

Fonte: Glória e Orlando Filho (1984)

Ridesa (1994 apud SILVA et al., 2007) afirmou que DBO em relação a sua eficiência da remoção pelo solo, pode ser afetada pela presença de cobertura vegetal e pela sua capacidade de infiltração e, deste modo, a capacidade biológica de remoção será diretamente proporcional ao aumento da cobertura vegetal.

Para resolver os problemas ambientais originados pela vinhaça, algumas normas e leis foram estabelecidas no Brasil, e foi homologada a Norma Técnica CETESB P4.231, com objetivo de estabelecer os critérios e procedimentos para a aplicação de vinhaça, gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. A referida norma considerou aspectos da Legislação Federal e Estadual, além de normas técnicas ABNT e CETESB para estabelecer os critérios e procedimentos acordados para a utilização do vinhoto (LUZ, 2005).

Com o aumento da indústria alcooleira no país e do Próalcool, ocorreu um acréscimo significativo da produção de álcool, e conseqüentemente da geração de vinhaça, o que na safra de 2006/2007 atingiu cerca de 190 bilhões de litros de vinhaça. (TERMO, 2007)

A Figura 3 mostra a composição físico-química da vinhaça.

Figura 3 - Físico-química da vinhaça (média de 64 amostras de 28 usinas do Estado de São Paulo).

DESCRIÇÃO	Concentrações			Padrão /l.álcool
	Mínimos	Média.	Máximos	
Dados de Processo				
Brix do Mosto (°B)	12,00	18,65	23,65	
Teor Alcoólico Vinho (°GL)	5,73	8,58	11,30	
Taxa de Vinhaça (l/l.álcool)	5,11	10,85	16,43	10,85 l
Vazão de Referência (m ³ /dia)	530,00	1908,86	4128,00	
Caracterização da Vinhaça:				
pH	3,50	4,15	4,90	
Temperatura (°C)	65,00	89,16	110,50	
Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO ₅) (mg/l)	6680,00	16949,76	75330,00	175,13 g
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/l)	9200,00	28450,00	97400,00	297,60 g
Sólidos Totais (ST) (mg/l)	10780,00	25154,61	38680,00	268,90 g
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/l)	260,00	3966,84	9500,00	45,71 g
Sólidos Suspensos Fixos (SSF) (mg/l)	40,00	294,38	1500,00	2,69 g
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) (mg/l)	40,00	3632,16	9070,00	43,02 g
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/l)	1509,00	18420,06	33680,00	223,19 g
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) (mg/l)	588,00	6579,58	15000,00	77,98 g
Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) (mg/l)	921,00	11872,36	24020,00	145,21 g
Resíduos Sedimentáveis (RS) 1 hora (ml/l)	0,20	2,29	20,00	24,81 ml
Cálcio (mg/l CaO)	71,00	515,25	1096,00	5,38 g
Cloreto (mg/l Cl)	480,00	1218,91	2300,00	12,91 g
Cobre (mg/l CuO)	0,60	1,20	3,00	0,01 g
Ferro (mg/l Fe ₂ O ₃)	2,00	25,17	200,00	0,27 g
Fósforo total (mg/l P ₂ O ₄)	18,00	60,41	188,00	0,65 g
Magnésio (mg/l MgO)	97,00	225,64	456,00	2,39 g
Manganês (mg/l MnO)	1,00	4,82	12,00	0,05 g
Nitrogênio (mg/l N)	90,00	356,63	885,00	3,84 g
Nitrogênio amoniacal (mg/l N)	1,00	10,94	65,00	0,12 g
Potássio total (mg/l K ₂ O)	814,00	2034,89	3852,00	21,21 g
Sódio (mg/l Na)	8,00	51,55	220,00	0,56 g
Sulfato (mg/l SO ₄)	790,00	1537,66	2800,00	16,17 g
Sulfito (mg/l SO ₃)	5,00	35,90	153,00	0,37 g
Zinco (mg/l ZnO)	0,70	1,70	4,60	0,02 g
Etanol-CG (ml/l)	0,10	0,88	119,00	9,1 ml
Glicerol (ml/l)	2,60	5,89	25,00	62,1 ml
Levedura (base seca) (mg/l)	114,01	403,56	1500,15	44,1 g

Fonte: Elia Neto e Nakahondo (1995 apud TERMO, 2007)

Conforme dados apresentados na Figura 3, o potássio é o mineral que possui maior concentração, seguindo de sulfatos e cloretos. De acordo com a composição da vinhaça, o cálcio é o cátion principal que contribui para que o tecido da parede celular fique mais resistente. O magnésio é constituinte da clorofila e ativa as enzimas ao metabolismo energético. O enxofre ajuda a compor os aminoácidos, cistina e cisteína. O fósforo faz parte do ATP(adenosina trifosfato), da planta e armazena energia na célula, na formação de proteína, fotossíntese e o nitrogênio está presente nos nucleotídeos, coenzimas e aminoácidos.

2.4 PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com Freire e Cortez (2000) os solos apresentam diferentes capacidades de retenção de elementos inorgânicos e orgânicos. A movimentação e a retenção de elementos solúveis são determinadas pela característica de cada

superfície coloidal (cargas negativas do solo), porosidade do solo e textura, a qual influenciará na troca de íons por processos de adsorção-dessorção e solubilidade.

Devido à reação redox e a complexação dos elementos ativos na solução do solo, sendo que essas propriedades são bastante influenciadas pela quantidade de matéria orgânica existente, a fertirrigação da vinhaça provoca modificações na fisiologia da cana-de-açúcar, como aumento no teor de umidade dos colmos, redução dos teores de lignina, aumento no fator de acabamento, aumento nos teores de potássio em todas as partes da cana, aumento da vegetação e redução dos níveis de sacarose, quando em níveis excessivos. (FREIRE; CORTEZ, 2000).

Segundo Penhabel (2010 apud PREVITALI, 2011), aplicações de vinhaça em quantidades corretas para cada plantio, estando as doses compatíveis com as características físico-químicas do solo, aumentam a produção de açúcar por hectare.

A elevação da CTC ocorre pela quantidade de matéria orgânica depositada pelas adições da vinhaça. Pela propriedade coloidal da matéria orgânica presente na vinhaça, sua adição acarreta ao solo uma quantidade grande de cargas negativas, aumentando a CTC e diminuindo a lixiviação de cátions (GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1983 apud SILVA, 2012).

Silva e Silva (1986 apud CAMILOTTI, 2006) estudaram a utilização agrícola da vinhaça e chegaram à conclusão de que, do ponto de vista físico, a ação direta da vinhaça diminui a incidência de erosões, melhorando a porosidade e aglutinando as partículas do solo.

Silva et al. (1976 apud TERMO, 2007) também constatou a lixiviação de vários desses íons, sobretudo do nitrato e do potássio.

De acordo com Cruz et al. (1990 apud TERMO, 2007), os resultados do estudo de longa duração afirmaram uma melhoria da fertilidade do solo ao passar dos anos. O teor de matéria orgânica e de fósforo aumentou na camada superficial. Os teores de cálcio, magnésio e enxofre aumentaram tanto na superfície quanto nas camadas mais profundas, tal estudo foi feito com aplicação de vinhaça em propriedades do solo até 1,5m de profundidade. Foi avaliada pelo experimento nos períodos de 0, 5, 10 até 15 anos, encontraram nitrato na água de sub-superfície, entretanto, em concentração menor do que o limite prejudicial à saúde humana.

Com o objetivo de regulamentar a utilização da vinhaça, a Companhia Ambiental do estado de São Paulo, foi criada a norma técnica P4.231 (CETESB), 2005 apud LUZ, 2005): Vinhaça – Critérios e Procedimentos para a Aplicação do

Solo Agrícola. A dose a ser aplicada pode ser determinada em função do teor de K^+ , conforme mostra a equação (1)

$$vinha\c{c}a = \frac{[(0,05CTC - ks)3744 + 185]}{kvi} \quad (m^3ha^{-1}) \quad (1)$$

Onde:

CTC = Capacidade de Troca Catiônica, expressa em $cmol_c \, dm^3$.

ks = concentração de potássio no solo, expresso em $cmol_c \, dm^3$.

3744 = constante para transformar os resultados da análise de fertilidade, expressos em $cmol_c \, dm^3$

kvi = concentração de potássio na vinhaça, expressa em kg de K_2O / m^3

Na equação (1) a quantidade de vinhaça no solo o CTC é dada pelo estudo de fertilidade do solo, utilizando metodologia do Instituto Agronômico de Campinas de Análise de Solo. O ks à profundidade média de 0,80 metros, dada pela análise de fertilidade realizada por laboratório de estudo do Instituto Agronômico de Campinas. A Constante 3744, para cada kg de potássio em um volume de um hectare por 0,80 metros de profundidade. 185 = kg de K^+ extraído pela cultura por hectare, e kvi = concentração de K^+ na vinhaça expressa em $kg \, m^{-3}$ de K_2O .

Gloeden et al. (1990 apud SILVA, 2012) avaliaram a influência das aplicações de vinhoto nas doses de 150 e 300 $m^3 \cdot ha^{-1}$ em solo arenoso de baixa CTC, na lixiviação de íons no lençol freático e na fertilidade do solo, e verificaram que na água do lençol ocorreu acréscimo dos íons: cloreto, carbono orgânico e formas de nitrogênio orgânico. O potássio permaneceu armazenado no solo, foi absorvido pela cana e não atingiu o lençol freático no período do estudo. Contudo, os autores enfatizam para o fato de que formas orgânicas de nitrogênio foram encontradas, e que estas poderiam ter gerado nitratos.

Dentre os diversos elementos essenciais, merece destaque o potássio, sendo este o elemento limitante para a definição da dose de vinhaça a ser aplicada nos solos, ou seja, o potássio será utilizado por completo na fertilização do solo, quando acabar o potássio da vinhaça a reação terminará. Quando se equipara a razão entre adsorção de potássio $K / (Ca+Mg)^{1/2}$ com produtividade da cana, a conclusão que se chega é a relação sistemática entre esta razão e a produtividade, portanto, havendo um aumento da produtividade de cana-de-açúcar, conseqüentemente houve

ampliação da razão de adsorção de potássio no solo. (ROSSETTO et al. 2004 apud ZOLIN et al., 2011).

Segundo Gutierrez et. al (1988 apud PREVITALI, 2011), a fertirrigação por vinhaça, foi descrita em relação a diminuição no açúcar redutor total, provavelmente pela síntese do potássio que aumenta o teor do ácido trans-aconítico, responsável pela maturação da cana, ou seja, quanto mais ácido trans-aconítico, mais lenta é a maturação da cana.

Na planta, o potássio presente na vinhaça faz transformações fisiológicas, onde ele é absorvido e distribuído em todas as suas partes, incluindo folhas e palhas, o potássio torna a cana-de-açúcar mais suculenta, devido ao aumento do teor de umidade (caldo) dos colmos, aumento do tecido da cana (polpa), alterando a relação fibra/polpa, diminuindo o poder de combustão da planta. (FREIRE; CORTEZ, 2000)

O potássio agrega a cana a característica de aumento cuticular foliar, e conseqüentemente a diminuição da ocorrência da mancha ocular (fungos das folhas), melhora o uso da água na planta tendo uma melhor abertura e fechamento do estômatos, melhora também o deslocamento de carboidratos das folhas para o resto da planta e há melhor atividade enzimática. (BRIEGER, 1977 apud FREIRE; CORTEZ, 2000; LELIS NETO, 2008 apud PREVITALI, 2011).

De acordo com Paulino (2002 apud SILVA, 2012), na cana-de-açúcar há uma alta necessidade de potássio, e a sua ausência acarreta não só a diminuição da biomassa, como na diminuição do acúmulo de açúcares no colmo, explicado pela menor fotossíntese.

A presença de cobertura vegetal ajuda, possibilitando o aumento da resistência a erosão hídrica e a melhora da qualidade física do solo uma vez que na agregação, contribuindo para aumentar seu potencial agrícola; porém quaisquer alterações na composição química e estrutura do solo serão refletidas nas características físicas e químicas da água, tanto superficial quanto subterrânea. (FREIRE; CORTEZ, 2000).

2.5 CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA

Com o aumento da produção de álcool no Brasil, conseqüentemente aumentou-se a produção da vinhaça, surgiu o interesse de diminuição do volume da vinhaça pelos longos trajetos percorridos, gerando custos adicionais a produção.

Nicolaiewsky (1981 apud SILVA, 2012) recomenda a concentração pelos processos de floculação, sedimentação e filtração.

Zayas et al. (2007 apud SILVA, 2012) utilizam a coagulação floculação, e oxidação eletroquímica. Já Hulett (1980 apud SILVA, 2012) propõe o processo de evaporação.

Em 1954 foi registrada a primeira utilização da vinhaça concentrada na empresa austríaca Vogelbusch, com utilização de evaporadores inclinados tipo termo sifão. Posteriormente desenvolveu o evaporador tipo película fina, no qual pelas paredes internas dos tubos há o escoamento em alta velocidade do líquido que evapora, ocorrendo menor ocorrência de incrustações. (BIASE, 2007 apud SILVA, 2012).

Em 1984, em São Paulo na destilaria Santa Izabel, em Novo Horizonte, foi instalado um conjunto de evaporação de vinhaça que reduzia em até cinquenta por cento do volume total. (BIASE, 2007 apud SILVA, 2012).

Há 3 meios principais de diminuir a proporção da vinhaça em relação ao álcool, concentrar a vinhaça “in natura “ pela evaporação de água, reciclar a vinhaça utilizando parte dela na diluição do caldo a ser fermentado e desenvolver novas linhagens de leveduras que suportem teores de álcool mais elevados no mosto.

Segundo Franco (2001 apud SILVA, 2012), o princípio básico consiste em uma superfície de aquecimento ocorrendo a transferência de calor do fluido de aquecimento para o fluido do processo. A diferença dos evaporadores é como é feita a separação entre a vinhaça concentrada e o vapor de água da evaporação.

Westphalen (1999 apud SILVA, 2012) e Franco (2001 apud SILVA, 2012) relatam os principais tipos de evaporadores: evaporadores com círculo natural, evaporadores solares, evaporadores com circulação forçada, evaporadores com filme descendentes, evaporadores de placas.

O evaporador de múltiplos efeitos, é utilizado por ter um consumo de energia menor que os outros, onde o vapor de água vindo do primeiro evaporador é utilizado para aquecer o próximo evaporador e assim sucessivamente. O vapor evaporador do último efeito é condensado e assim se encerra o processo. (CARVALHO; SILVA, 2011 apud SILVA, 2012).

As altas temperaturas durante o processo de concentração induzem a modificação da matéria orgânica da vinhaça, como a condensação de alguns

componentes orgânicos dando origem a novas moléculas, a volatilização e a formação de ácidos insolúveis. (PARNAUDEAU et al., 2008 apud SILVA, 2012).

O teor de sólido da vinhaça “in natura” é muito baixo, variando de 2 a 10 % de acordo com a matéria prima utilizada na fabricação do etanol. Nos processos onde só o caldo é retirado da cana-de-açúcar para a fabricação do álcool, o teor de sólidos da vinhaça é baixo, acarretando um em grande volume de vinhaça a ser descartado pela destilaria, conseqüentemente esse grande volume de vinhaça faz com que os custos de transporte seja elevado. (FREIRE; CORTEZ, 2000).

2.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Segundo Abreu Júnior et al. (2005 apud TASSO JUNIOR, 2007) há anos que na agricultura os resíduos das atividades humanas vêm sendo utilizados, porém, seu uso está cada vez mais intenso. Com esse aumento na utilização também cresceu a preocupação com a segurança ambiental da população, de forma que já estão sendo elaboradas legislações para a normatização da agricultura para utilização desses resíduos.

Embora o Brasil ainda não possua uma política nacional em particular para o uso de resíduos, Abreu Júnior et al. (2005 apud TASSO JUNIOR, 2007) relata que existem várias leis e decretos que serão obedecidos para a utilização de resíduos agroindustriais na agricultura, portanto, devem ser citados o código das águas (Decreto 24.643 de 10 de Julho de 1934) que, entre vários, protege os corpos d’água contra a presença de poluentes.

Lei de crimes ambientais (Lei 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998) a qual impõe as sanções penais a serem aplicadas em decorrência de lesão ao meio ambiente. No caso específico de efluentes, a referida lei, abraça, em seus artigos 33 e 54, os pontos mais importantes, em que são esclarecidas quais penas serão impostas aos infratores quando da ocorrência da morte de animais por emissão de efluentes nas águas e na ocorrência de poluição hídrica, respectivamente, caso em que os infratores recebem as penas de reclusão de um a três anos ou multa, ou ambas, cumulativamente, para infração do artigo 33 e de um a cinco anos de reclusão na infração do artigo 54.

Para o caso específico da vinhaça existem, ainda, a Portaria do Ministério do Interior n. 323 de 29/11/1978, que dita que, a partir da safra 1979/ 1980, fica proibido

o lançamento direto ou indireto, do vinhoto, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool instaladas ou que venham a se instalar no País.

A Portaria do Ministério do Interior n. 158 de 03/11/1980, que dispõe sobre seu lançamento em coleções hídricas e sobre efluentes de destilarias de usinas de açúcar; a Resolução do CNRH n. 15 de 01/06/2001, que dá as diretrizes para a gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas; a Portaria do Ministério da Saúde n. 518/04 de 25/03/ 2004, que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, além de outras providências.

3 CONCLUSÃO

A vinhaça é utilizada por meio de fertirrigação para melhora e correção das deficiências dos solos.

A utilização da vinhaça por fertirrigação é economicamente viável por ser um resíduo do etanol, e sendo utilizada como fertilizantes da lavoura de cana-de-açúcar, sua concentração de potássio no solo derivado da vinhaça, substitui a compra de adubos ricos em potássio.

Esse resíduo é rico em matéria orgânica coloidal e em elementos minerais, contribuindo por elevar o pH dos solos, chegando a alcalinizá-los, também possui a característica de aumentar a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas e aumenta a microflora dos solos, aumentando assim o índice de fertilidade, propiciando à cana-de-açúcar condições mas favoráveis ao seu ciclo vegetativo.

Além das melhorias do solo, também se pode observar aumento na riqueza sacarina e na pureza do caldo quando a cana é cortada na ocasião propícia. em relação ao meio ambiente, sua utilização nos solos é válido pois em quantidade correta, não afeta o lençol freático.

REFERÊNCIA

ABREU JÚNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. **Tópicos em Ciência do Solo IV**. Viçosa: SBCS, 2005. p.391-470.

AGUJARO, R. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como fertilizante. **Saccharum**. STAB, São Paulo, v.2, p.4, mar., 1979.

ANDRIOLI, I. **Efeitos da vinhaça em algumas propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média**. 1986. 85 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR 2005. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2005. 136 p.

AZEREDO, D. F.; MANHÃES, M. S. Adubação orgânica. In: Orlando Filho, J. (ed.). Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil. Piracicaba:IAA/Planalsucar, 1983, p.227-264.

BEBE, F.V. et al. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, v. 13, n.6, p.781-787, 2009.

BIASE, L.P. Aspectos gerais das vinhaças. In: WORKSHOP DE ENERGIA E RESÍDUOS NA AGROINDÚSTRIA SUCROALCOLEIRA, 2., 2007, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: FZEA/USP, 2007. Disponível em: <http://www.fzea.usp.br/green/geral/luiz%20paulo%20de%20biase.doc>. Acesso em : 20 mar. 2012.

BRIEGER, F. Observações sobre a distribuição da vinhaça ou caldo de destilaria no Estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**. V.90, n.5, p.23-30, 1977.

CAMARGO, O.A.;VALADARES, J.M.A.S.; GERALDI, R.N. **Características química e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 30p. (Boletim Técnico,76)

CAMILOTTI, F. Efeitos no solo e em plantas de cana-de-açúcar cultivadas com lodo de esgoto e vinhaça. 2006.79 f. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 2006.

CAMILOTTI, F. et al. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça: **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.738-747, set./dez. 2006.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um

Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-44, 2003.

CARVALHO, T.C.; SILVA, C.L. Redução do volume de vinhaça através da evaporação. In SEMINÁRIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 4., 2011, Bauru. **Anais Eletrônicos...** Bauru: UNESP, 2011. Disponível em: < [HTTP://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IVSeminaro/anais/AC-TulioCamacarideCarvalho.pdf](http://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IVSeminaro/anais/AC-TulioCamacarideCarvalho.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2012.

CETESB. Vinhaça – **Critérios e Procedimentos para a aplicação no solo Agrícola**. São Paulo, Norma Técnica p4.231; 2005, p.12.

CRUZ, R.L.; RIGHETTO, A.M.; NOGUEIRA, M.A. Experimental investigation of soil and groundwater impacts caused by vinasse disposal. In: **International Seminar of Pollution, Protection and Control of Ground Water**, Porto Alegre, RS, Brazil, p.66-74. 1990.

CUNHA, R.C.A. ET AL. Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: I – physical and chemical aspects. **Water science and Technology**, Oxford, v.9, n.8, p.155-165, 1981.

ELIA NETO, A & NAKAHODO, T. Caracterização físico-química da vinhaça projeto nº 9500278. Relatório Técnico da Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, 1995. 26p.

FRANCO, M. **Integração energética de sistemas de evaporação localizadas abaixo do ponto pinch**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Químicos) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2001.

FREIRE, W. J.; CORTES, L. A. B. Vinhaça de cana de açúcar. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000.

GEMTOS, T. A.; CHOULIARAS, N.; MARAKIS, S. Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop. *Journal of Agriculture and Engineering Research*, v.73, n.3, p.283-296, 1999.

GLOEDEN, E. et al. **The behavior of vinasse constituents em the unsaturated and saturated zones in the Botucatu Aquifer recharge area**. São Paulo: CETESB, 1990. P.11.

GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação de vinhaça como fertilizante**. São Paulo: Coopersucar, 1983. P.38.

GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. **Álcool e Açúcar**, v.4, n.15, p.22-31, 1984.

GUTIERREZ, L.E. et al. Efeito da aplicação da vinhaça como fertilizante sobre os teores de ácido trans-aconítico de caldo de cana-de-açúcar. **Revista Anais da Esalq**. Piracicaba, SP. 1988. v. 45. 2. ed. p. 453-462.

HULETT, D. Concentração do vinhoto. **Sugar y Azúcar do Brasil**, New York, v.1, n.2, p.35-36, 1980

LEITE, G. de F. Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na usina monte alegre Ltda. - Monte Belo – MG, **R. Un. Alfenas, Alfenas**, v.5, p189-181, 1999. Disponível em: <http://www.unifenas.br/pesquisa/download/ArtigosRev2_99/pag189-191.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.

LELIS NETO, J.A. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. 2008. 89f. Dissertação(Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde.../Joao_Lelis.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2011.

LEME, E.J.A.; ROSENFELD,V.; BAPTISTELLA, J.R.Aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar por aspersão. Boletim Técnico Planalsucar, série B, v.1, n.4, p. 3-42, 1979.

LONGO, R.M.; BONI, N.R.; ESPÍNDOLA, C.R. Efeitos da vinhaça “ in natura” e biodigerida em propriedades físicas de um solo cultivado com cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., Bauru, 1996. **Resumos**. Bauru: Unesp/ Sbea, 1996. 10p.

LOPES, E.S. et al . Atividade respiratória de solo tratado com vinhaça e herbicida. *Bragantia*, Campinas, SP, 1985. v.45. P.205-210. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687051986000100022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 jul.2011.

LUZ, P. H. de C. Novas tecnologias no uso da vinhaça e alguns aspectos legais. In: SIMPÓSIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005, [S.I.]. **Anais eletrônicos...** [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <[http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/1c678d0ba742019483256e19004af5b8/6d4452a7dc2e1483032570d8003f1509/\\$FILE/Anais%20Pedro%20Henrique%20de%20C%20Luz.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/1c678d0ba742019483256e19004af5b8/6d4452a7dc2e1483032570d8003f1509/$FILE/Anais%20Pedro%20Henrique%20de%20C%20Luz.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2012.

MATIOLI, C.S., MENEZES, J.A. Otimização dos sistemas de aplicação de resíduos líquidos na lavoura. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA, Piracicaba, 1984. *Anais* . Piracicaba : Copersucar, 1984. P. 67-70.

MIRANDA, T.L. **Relações entre atributos físicos e biológicos do solo após operações de colheita e aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar**. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2009. Disponível em: <www.pgea.ufrpe.br/downloads/dissertacoes/Thiciano.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

NEVES, M.C.P.; LIMA, I.T.; DOBEREINER, J. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p. 131-136, 1983.

NICOLAIEWSKY, E. Tratamento físico-químico do vinhoto: floculação, sedimentação e filtração. **Brasil Açucareiro**, v.98, n.4, p.23-30, 1981.

ORLANDO FILHO, J.; SILVA, G.M.A.; LEME, E.J.A. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: PROGRAMA NACIONAL DE MELHORAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983.cap. 10 p.229-264. (Coleção Planalsucar, 2)

ORLANDO FILHO, J.; SOUZA, I.C.; ZAMBELLO JR, L. Aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar: economicidade do sistema caminhões-tanques. **Boletim técnico Planalsucar**, v.2, n.5, p.1-35, 1980.

PARNAUDEAU, V. et al. Vinasse organic matter quality and mineralization potencial, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes. **Biorecourse Technology**, Essex, v.99, n. 6, p. 1553-1562, 2008.

PAULINO, A.F. et al. Produções agrícolas e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina**, Londrina, v.23, n.2, p. 145-150, 2002.

PEIXOTO, A.M. (coord.) et al. Vinhaça. In: _____. **Enciclopédia Agrícola Brasileira: s-z Vol. 6**. 6.ed. São Paulo: Editora da Universidade s São Paulo, 2006. 554-559.

PENHABEL, L.A. Vinhaça: **Bio-fertirrigação e impacto ambiental**. 2010. 8f. Dissertação(Pós graduação MBA em Gestão Sucoalcooleira) – Programa de Pós Graduação MBA em gestão sucoalcooleira, Universidade de Lins, Lins, SP, 2008.

PREVITALI, N. R. **Uso de vinhaça para fertirrigação**. 2011. 60 f.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis) - Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, 2011. Disponível em: <<http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO%2017711207141%20-%20Autora%20Noemi%20Rafaela%20Previtali.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

RIDESA, R. I. P. O. D. S. Aspectos ambientais da aplicação de vinhaça no solo. São Paulo: UFSCar, 1994. 67p.

RODELLA, A.A.; FERRARI,S.E. A composição da vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**. V.90, n.1,p. 6-13, 1977.

ROSSETTO, A.J. Utilização agrônômica dos sub-produtos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Cana-de-açúcar – Cultivo e Utilização, vol.2, p.435-504.1987.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J. A. **Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica**. **Bragantia**, v.63, n.1, p.105-119, 2004.

Silva, A. J. N.; Cabeda, V. S. M.; Lima, F. W. F. J. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.833-842, 2005.

SILVA, A. da. Vinhaça concentrada de cana-de-açúcar : monitoramento das propriedades químicas do solo e mineralização líquida de nitrogênio . 2012. 109 f. (Tese de Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-26092012-152806/>>. acesso em 20 out 2012.

Silva, A. J. N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.76– 83, 2006.

SILVA, G.M. de A.; POZZI DE CASTRO, L.J.; MAGRO, J.A. Comportamento agroindustrial da cana-de-açúcar em solo irrigado e não irrigado com vinhaça. IV Seminário Copersucar da indústria Açucareira. Anais.. p.107-122. Águas de Lindóia. 1976.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108–114, 2007. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a14.pdf> > Acesso em 06 OUT 2012

SILVA, M. A.; SILVA, G. L. Utilização agrícola da vinhaça e demais efluentes líquidos. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 6, n. 31, p. 12-25, 1986.

TASSO JUNIOR, L. C. et al. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Eng. Agríc.**

Jaboticabal, v.27, n.1, p.276-283, jan./abr. 2007. . Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000100022>> . acesso em 29 set 2012.

TERMO de referência para o workshop tecnológico - Vinhaça. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias - Departamento de tecnologia - Universidade Estadual Paulista, 2007. Termo de referência. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/Termo_de_Referencia_Vinhaca.pdf>. acesso em 11 nov 2012.

TIBAU, A.O. Projeto do aproveitamentodo vinhoto. **Brasil Açucareiro**, v.81, n.2, p.57-65, 1973.

VIEIRA, D.B. Fertirrigação sistemática de cana-de-açúcar com vinhaça. **Álcool e Açúcar**, v.6, n.28, p. 26-30, 1986.

VOLL, Cristiano E. **Aplicação de vinhaça e do extrato de palhiço de cana-de-açúcar no controle de plantas daninhas**. 2005. 45f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2005. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde.../CristianoVoll.pdf>. Acesso em 05 jul. 2011.

WESTPHALEN, D.L. **Modelagem, simulação e otimização de sistemas de evaporação**. 1999. 228 f., Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ZAYAS, T. et al. Applicability of coagulation/flocculation and electrochemical processes to the purification of biologically treated vinasse effluent. *Separation and Purification Technology*, Amsterdam, v.57, n.2, p. 270-276, 2007.

ZOLIN, C, A. et al. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo: I. Características do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. vol.15, n.1, pp. 22-28. 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000100004>>. Acesso em 21 out 2012.